УДК 631.362.001.573

Ю.И. ЕРМОЛЬЕВ, М.Ю. КОЧКИН

ФРАКЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ЗЕРНА ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Приведены основные экспериментальные исследования фракционных технологий очистки зерна пшеницы в зерноочистительном агрегате.
***Ключевые слова**: фракционная технология, экспериментальные исследования, зерно продовольственного назначения, очистка, экспериментальный зерноочистительный агрегат.*

Введение. Существующие зерноочистительные агрегаты существенно снижают эффективность функционирования при очистке зерна продовольственного назначения, когда в составе исходного зернового материала присутствуют трудноотделимые примеси, а при повышении подачи исходного зернового материала триерные блоки снижают производительность зерноочистительного агрегата до уровня собственной невысокой производительности. Для повышения качества очистки и увеличения производительности зерноочистительного агрегата прибегают к использованию параллельно работающих триерных блоков, что, естественно, приводит к существенному повышению материалоемкости, энергоемкости и росту приведенных затрат на очистку зерна.

Постановка задачи. Используя предварительные результаты моделирования процессов функционирования зерноочистительных агрегатов по фракционным технологиям [1,2], оценить эффективность функционирования экспериментального зерноочистительного агрегата (ЭЗОА) при первичной очистке зерна пшеницы и реализации в нём различных подмножеств частных технологических операций с различными взаимосвязями; выявить закономерности изменения качественных показателей очищенного зернового материала в зависимости от использования при его очистке в ЭЗОА триерного блока с различными схемами функционирования; оценить рациональную технологическую схему ЭЗОА при очистке исследуемого зернового материала.

Экспериментальный зерноочистительный агрегат и методика проведения эксперимента. Конструирование, изготовление ЭЗОА (рис.1, 2) и проведение экспериментальных исследований осуществлялось на базе зерноперерабатывающего предприятия ООО «Деметра», Аксайского района, в период 11.06.2007 по 20.08.2007 года.

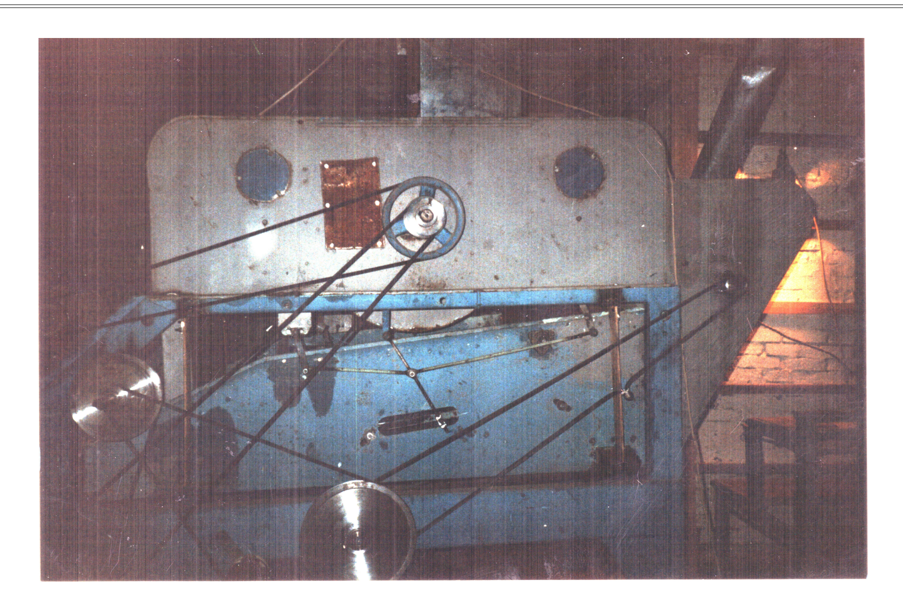


Рис.1. Общий вид зерноочистительной машины «Петкус-гигант» К-531А



Рис.2. Общий вид переоборудованного триерного блока фирмы «Петкус» К 553А

Оборудование ЭЗОА представлено в нижеприведенной таблице.

№	Наименование и марка	Кол.	Технические характеристики		Примечание
			Установ. мощность дв., кВт	Производ, т/ч, (кг/с)	
1.	Зерноочистительная машина «Петкус-Гигант» К-531А, Германия	1	4,0	2,5(0,69)	Отсутствует триерная приставка, добавлен лоток для мелкого сора
2.	Триерный блок К-553А, Германия	1	4,0	0,35(0,09)	Отсутствуют средние цилиндры, загрузка кук. и овс. цилиндров раздельная
3.	Нория НПЗ-10	1	0,8	10(2,77)	Стандартная
4.	Нория НПЗ-10	2	0,8	10(2,77)	Добавление загрузочного бункера
5.	Комплект зернопроводов	1	-	-	Оригинальный
6.	Пульт управления	1	-	-	Оригинальный

Испытания ЭЗОА проводили в соответствии с ГОСТ 12042-80 в режиме первичной очистки, по трем технологическим схемам (одна простая последовательная и две фракционные (рис.3,а,б)). Отбор проб и выделение репрезентативных навесок проводились в соответствии с ГОСТ 12036-85, 13586.3-83. Исследование их проводили по известным методикам [3] на базе лаборатории сепарации кафедры «Сельскохозяйственные машины и оборудование» ДГТУ. Повторность опытов трехкратная. Вычисляли на ЭВМ по известным методикам [1] содержание j-го компонента (Aj), чистоту очищенного материала (Апо), содержание сорных (Всп) и зерновых (Взп) примесей в очищенном зерне пшеницы, потери зерна пшеницы в неиспользуемые отходы (Пно), выход зерна пшеницы в используемые отходы (Вио).

В качестве исходного зернового материала взята яровая пшеница (сорт «Зерноградская 11 »), поступившая из бункера зерноуборочного комбайна Дон-1500Б при её уборке. Содержание j-х компонентов: зерно пшеницы-85,79%, соломистые примеси-0,55%, крупные примеси-2,20%, зерновые примеси (щуплое зерно)-4,78%, сорные примеси-2,79%, дробленое зерно-3,48%, семена сорных растений-0,40%. Влажность 13,8%, натура 715,4 г/л. Размеры зерен: длина l=6,1 мм; σ_l^2=0,778; ширина b=2,9 мм; σ_b^2 = 0,736; толщина c = 2,5 мм; σ_c^2 = 0,825. Варьирование подачи зернового материала (т/ч) в приемный бункер ЗОМ «Петкус-Гигант» К 531А: 0,3; 0,6; 1; 2; 3.

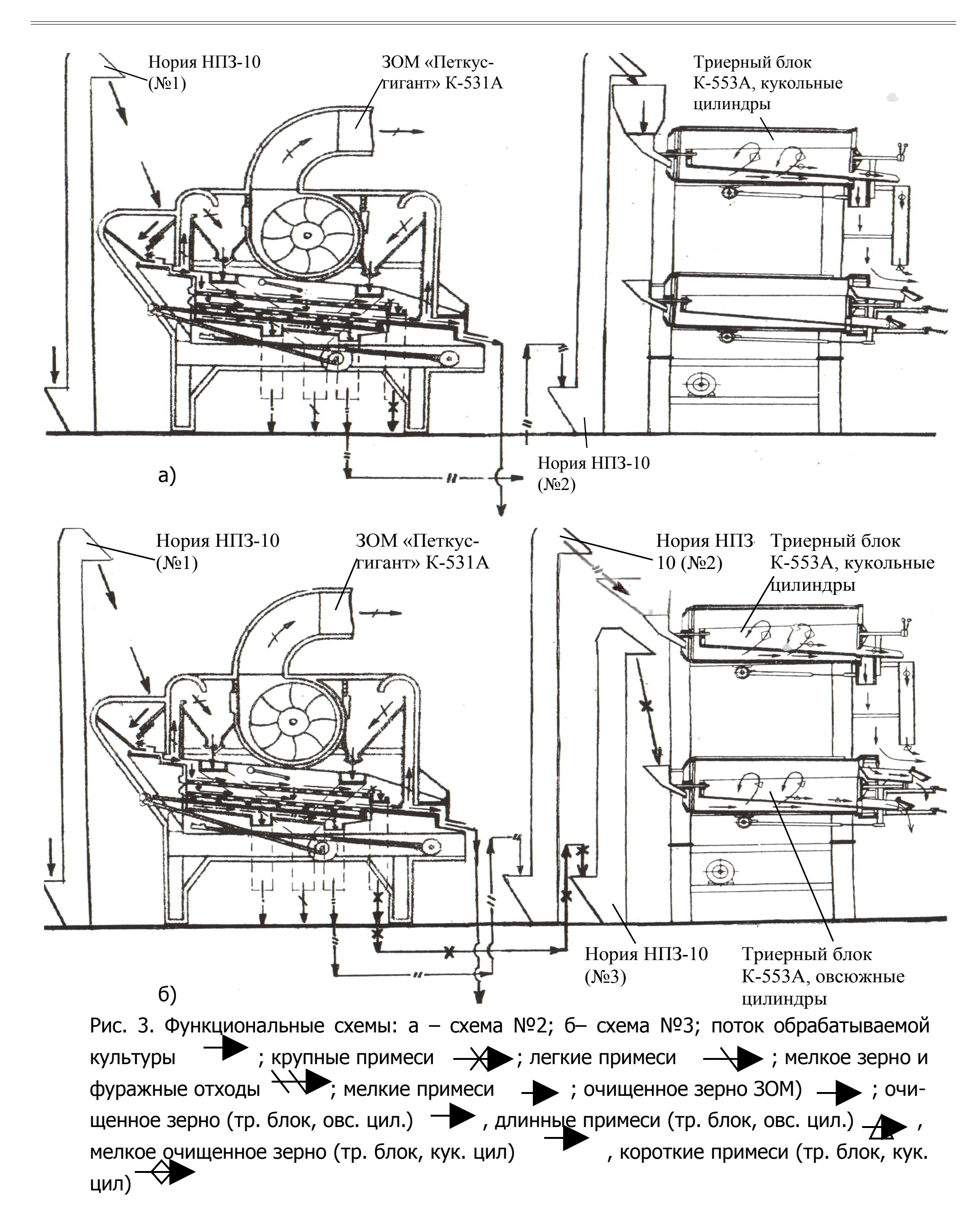


Рис. 3. Функциональные схемы: а – схема №2; б– схема №3; поток обрабатываемой культуры ; крупные примеси ; легкие примеси ; мелкое зерно и фуражные отходы ; мелкие примеси ; очищенное зерно ЗОМ) ; очищенное зерно (тр. блок, овс. цил.) , длинные примеси (тр. блок, овс. цил.) , мелкое очищенное зерно (тр. блок, кук. цил) , короткие примеси (тр. блок, кук. цил)

Описание вариантов технологических схем функционирования ЭЗОА. *Первая технологическая схема ЭЗОА* реализует очистку зернового материала только в зерноочистительной машине (ЗОМ) «Петкус-Гигант» К-531А, используя норию НПЗ-10, комплект зернопроводов и пульт управления. Настройка рабочих органов агрегата проведена в соответствии с инструкцией. Размеры отверстий решет ЗОМ «Петкус-Гигант» К 531А: верхний ярус- □ 3,0; □ 3,4; нижний ярус - □ 1,7; □ 2,0. Угол наклона решетного стана равен 8°50´; частота колебаний решетного стана 480 мин$^{-1}$; амплитуда колебаний решетного стана 9 мм; частота вращения вентилятора при очистке зерна пшеницы 850 мин$^{-1}$. Очистка зернового материала проводится по обычной технологии ЗОМ «Петкус-Гигант» К 531-А.

Вторая технологическая схема ЭЗОА – фракционная схема очистки зерна с доочисткой в кукольном цилиндре мелкой зерновой фракции, выделенной в проход под второе нижнее решето ЗОМ, – включает ЗОМ «Петкус-Гигант» К-531А, кукольный цилиндр триерного блока К-553А, две нории НПЗ-10, комплект зернопроводов и пульт управления (см. рис.3, а).

Характеристики рабочих органов агрегата: размеры отверстий решет ЗОМ «Петкус-Гигант» К-531А: верхний ярус- □ 3,0; □ 3,4; нижний ярус – первое решето □ 1,7, второе фракционное □ 2,6. Угол наклона решетного стана равен 8°50´; частота колебаний решет 480 мин$^{-1}$; амплитуда колебаний решетного стана 9 мм. Частота вращения вентилятора при очистке зерна пшеницы 850 мин$^{-1}$. Размеры ячеек кукольного цилиндров триерного блока К-553А: кукольные цилиндры - Ø 4,0; цилиндры наклонены под углом 1°30´; частота вращения 33 мин$^{-1}$; диаметр 475 мм; длина 1290 мм.

Исходный зерновой материал из загрузочного бункера нории №1 подается в приемный бункер ЗОМ «Петкус-Гигант» К-531А. После первого пневмосепаратора зерновой материал поступает на верхний решетный ярус, на котором отделяются крупные примеси. Проход верхнего решетного яруса поступает на первое нижнее решето, на котором выделяются мелкие примеси, далее зерновой материал попадает на второе нижнее решето – фракционер, где выделяются мелкое зерно с фуражными отходами. Чистое зерно идет сходом с нижнего решетного яруса в выходной лоток (очищенное зерно).

Мелкое зерно с фуражными отходами (составляют в среднем 15-17% от подачи зернового материала в приемный бункер ЗОМ «Петкус-Гигант» К-531А и содержат в среднем 70-80% мелкого зерна пшеницы) с помощью нории №2 поступает в приемный бункер кукольных цилиндров триерного блока К 553А, в которых из этой зерновой фракции отделяются короткие примеси и выводятся из триера. Очищаемое мелкое зерно движется сходом по внутренней поверхности цилиндров в выходную воронку (очищенное зерно).

Третья технологическая схема – фракционная схема очистки зерна с раздельной доочисткой мелкой фракции (проход под второе нижнее решето) только в кукольных, а крупной фракции (сход с верхних решет) – только в овсюжных триерных цилиндрах (рис. 3,б). Включает ЗОМ «Петкус-Гигант» К-531А, триерный блок К-553А, три нории НПЗ-10, комплект зернопроводов и пульт управления.

Характеристики рабочих органов агрегата: размеры отверстий решет ЗОМ «Петкус-Гигант» К-531А: верхний ярус - □ 3,0; □ 3,2; нижний ярус - □ 1,7; □ 2,6. Угол наклона решетного стана равен 8°50´; частота колебаний решет 480 мин$^{-1}$; амплитуда колебаний решетного стана 9 мм; частота вращения вентилятора при очистке зерна пшеницы 850 мин$^{-1}$. Размеры ячеек кукольного и овсюжного цилиндров триерного блока К-553А: кукольные цилиндры - Ø 4,0; овсюжные цилиндры - Ø 8,5. Цилиндры наклонены под углом 1°30´; частота вращения 33 мин$^{-1}$; диаметр 475 мм; длина 1290 мм.

Исходный зерновой материал из загрузочного бункера нории №1 подается в приемный бункер ЗОМ «Петкус-Гигант» К-531А. После первого пневмосепаратора зерновой материал поступает на верхний решетный

ярус, с уменьшенными размерами отверстий решет, сход с которого содержит крупное зерно крупные (длинные) примеси, поступает в норию №3. Проход верхнего решетного яруса поступает на первое нижнее решето, на котором выделяются мелкие примеси, далее зерновой материал попадает на второе нижнее решето – фракционер, где выделяются мелкое зерно и фуражные отходы, которые, как во второй технологической схеме, доочищаются в кукольных триерных цилиндрах, разделяющих эту фракцию на очищенное мелкое зерно и фуражные отходы.

Чистое зерно идет сходом с нижнего решетного яруса в выходной лоток. Сход с верхнего решетного яруса составляет в среднем 5-7% от подачи зернового материала в приемный бункер ЗОМ «Петкус-Гигант» К-531А и содержит в среднем 80-90% крупного зерна пшеницы. Эта фракция после нории №3 делится на два потока 55% и 45% (соответственно цилиндр №1 и цилиндр №2) и попадает в овсюжные цилиндры триерного блока К-553А, где из неё отделяются и выводятся из триера длинные примеси. Крупное очищенное зерно выводится из триерного блока в очищенную фракцию.

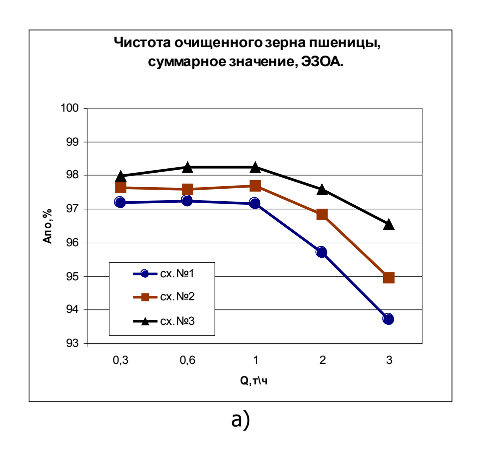
Результаты экспериментальных исследований, обработанные по известным методикам [3], приведены на рис.4, а-д.

Установлено, что чистота зерна пшеницы (рис.4, а), очищенного в агрегате при варьировании подачи в ЭЗОА с 0,3 до 3 т/ч, изменялась следующим образом: схема №1(97,18 - 97,23 - 97,16 - 95,7 - 93,71%); схема №2 (97,64 - 97,60 - 97,69 - 96,25 - 94,96%); схема №3 (97,99 - 98,26 - 98,25 - 97,57 - 96,58%).

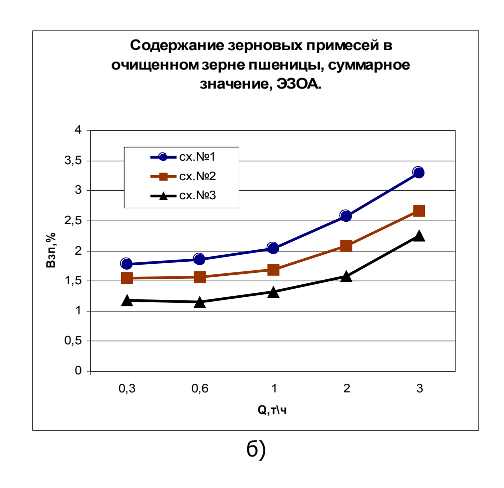
По данным статистического анализа, с доверительной вероятностью 0,95, различия показателей чистоты очищенного зерна пшеницы (суммарное значение, ЭЗОА),для различных технологий очистки являются статистически значимыми.

Содержание сорных примесей (рис.4, б) в очищенном агрегатом зерне пшеницы при варьировании подачи в ЭЗОА с 0,3 до 3 т/ч изменялось: схема №1 (1,03 - 0,92 - 0,8 - 1,72 - 3,00%); схема №2 (0,82 - 0,86 - 0,63 - 1,08 - 2,39%); схема №3 (0,84 - 0,60 - 0,42 - 0,83 - 1,20%). По данным статистического анализа, различия показателей содержания сорных примесей в очищенном зерне пшеницы (суммарное значение, ЭЗОА), являются статистически значимыми, кроме разницы между схемой №1 и №2 при подаче 0,6 т/ч, между схемой №2 и №3 при подаче 0,3 т/ч.

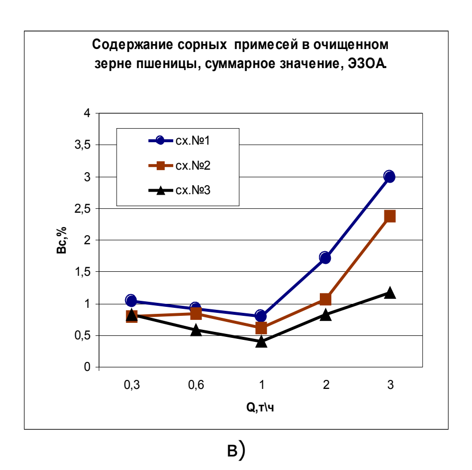
Содержание зерновых примесей (рис.4, в) в очищенном агрегатом зерне пшеницы при варьировании подачи в ЭЗОА с 0,3 до 3 т/ч изменялось: схема №1 (1,79 - 1,84 - 2,04 - 2,58 - 3,29%); схема №2 (1,56 - 1,59 - 1,74 - 2,14 - 2,69%); схема №3 (1,19 - 1,17 - 1,38 - 1,63 - 2,29%). По данным статистического анализа, различия показателей содержания зерновых примесей в очищенном зерне пшеницы (суммарное значение, ЭЗОА), являются статистически значимыми, кроме разницы между схемой №1 и №2 при подаче 0,3 т/ч.



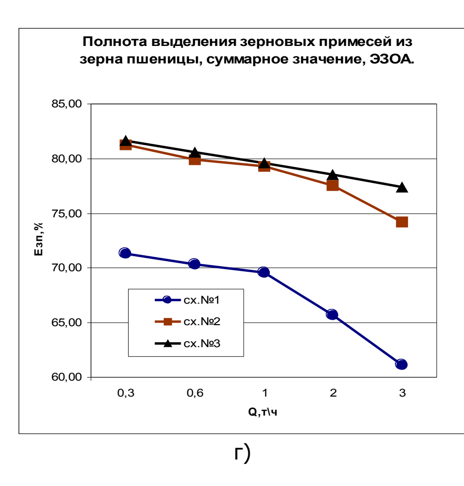
а)



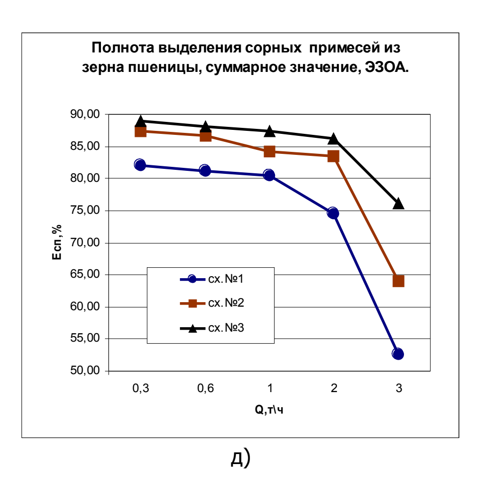
б)



в)



г)



д)

Рис.4. Основные результаты экспериментальных исследований: а – чистота очищенного в агрегате зерна пшеницы; б – содержание сорных примесей в очищенном агрегатом зерне пшеницы; в – содержание зерновых примесей в очищенном агрегатом зерне пшеницы; г – полнота выделения сорных примесей из зерна пшеницы; д – полнота выделения зерновых примесей из зерна пшеницы

Полнота выделения сорных примесей (рис.4, г) из зерна пшеницы при варьировании подачи в ЭЗОА с 0,3 до 3 т/ч изменялась: схема №1 (82,12 - 81,23 - 80,49 - 74,61 - 52,61%); схема №2 (87,34 - 86,63 - 84,23 - 83,54 - 64,01%); схема №3 (88,95 - 88,17 - 87,44 - 86,21 - 76,13%). По данным статистического анализа, различия показателей содержания зерновых примесей в очищенном зерне пшеницы (суммарное значение, ЭЗОА), являются статистически значимыми, кроме разницы между схемой №2 и №3 при подаче 0,3 т/ч.

Полнота выделения зерновых примесей (рис.4, д) из зерна пшеницы при варьировании подачи в ЭЗОА с 0,3 до 3 т/ч изменялась: схема №1 (71,34 - 70,37 - 69,59 - 65,68 - 61,14%); схема №2 (81,31 - 79,91 - 79,30 - 77,55 - 74,19%); схема №3 (81,64 - 80,56 - 79,60 - 78,55 - 77,39%). По данным статистического анализа, различия показателей содержания зерновых примесей в очищенном зерне пшеницы (суммарное значение, ЭЗОА), являются статистически значимыми, кроме разницы между схемами №2 и №3 при подачах 0,3, 0,6 и 1 т/ч.

Выводы. Экспериментальные исследования подтвердили предварительный вывод о функциональной эффективности фракционных технологий очистки зерна продовольственного назначения. Выявлено, что за счет фракционирования зернового материала в воздушно-решетной зерноочистительной машине чистота очищенного в ней зерна выше при равных подачах, чем при используемой технологии очистки на 0,5 и 1% (схемы №2 и №3 соответственно), а при равной чистоте очищенного зерна допустимая подача зернового материала возрастает на 210 и 280% (с 0,25 до 0,52 кг/с и 0,72 кг/с, схемы №2 и №3 соответственно).

Установлено, что использование раздельно функционирующих кукольных и овсюжных триерных цилиндров существенно снижает в них удельную нагрузку, что обеспечивает качественную очистку раздельных фракций мелкого зерна (чистота 98,50 %) и фракции крупного зерна (чистота 99,05%). Совокупная чистота очищенного в агрегате по фракционной технологии (схема №3) зерна выше, чем при обычной последовательной схеме его очистки на 1,53% (схема №1) и на 0,75% (схема №2), при этом выявлен рост производительности агрегата на 210 и 280% (схемы №2 и №3 соответственно), по сравнению со схемой №1.

Библиографический список

1. *Ермольев Ю.И.* Технологические основы интенсификации процесса сепарации зерна воздушнорешетными зерноочистительными машинами и агрегатами: дис. … д-ра техн. наук. – Ростов н/Д, 1990.
2. *Ермольев Ю.И.* Моделирование процесса функционирования зерноочистительного агрегата / Ю.И.Ермольев, М.Ю.Кочкин // Вестник ДГТУ. – Т.7. – №4(35). – Ростов н/Д, 2007. – С.407-417.

3. *Ермольев Ю.И.* Основы научных исследований в сельскохозяйственном машиностроении: учеб. пособие / Ю.И. Ермольев. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2003. – С.52-67.

Материал поступил в редакцию 15.07.08.

U.I. ERMOLJEV, M.U. KOCHKIN

FRACTIONAL TECHNOLOGIES OF A FOOD GRAIN CLEANING.

An experimental research of fractional technologies of a food grain cleaning is executed and theirs principal results are given.
Key words: fractional technology, experimental research, food grain, cleaning, experimental cleaning grain unit.

ЕРМОЛЬЕВ Юрий Иванович (р.1943), доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Сельскохозяйственные машины и оборудование» ДГТУ. Окончил РИСХМ (1969).
Научные интересы: решение проблемы системной сепарации сыпучих гетерогенных сред сельскохозяйственного назначения, направленной на создание новых современных технологий и технических средств для поточной сепарации зерновых и других сельхозматериалов.
Имеет более 200 научных публикаций (в т.ч. три монографии).

КОЧКИН Максим Юрьевич (р.1981), аспирант кафедры «Сельскохозяйственные машины и оборудование» ДГТУ. Окончил ДГТУ в 2004 году.
Специалист в области сепарации сыпучих сред.